

Die Entwickelung von quergestreiften Muskelfasern aus Sarkoplasten.

Von Dr. **Josef Paneth.**

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

(Mit 3 Tafeln.)

In den in Deutschland und Österreich meistverbreiteten Lehrbüchern der Histiologie[1] wird bezüglich der Histiogenese der quergestreiften Skelettmusculatur der Wirbelthiere die Ansicht vorgetragen, dass jede Primitivfaser aus einer einzigen Zelle (unter Längenwachsthum derselben und wiederholter Kerntheilung) hervorgegangen sei.

Die Meinungen derjenigen Beobachter, welche eine Entstehung aus mehreren Zellen behaupteten, werden als etwas vollständig Widerlegtes, Irrthümliches angeführt. Unter den Letzteren wird meistens auch Margo citirt, der eine Zusammensetzung aus verschieden und unregelmässig gestalteten quergestreiften Körperchen behauptet hat.[2] Nur zwei Autoren, soweit mir bekannt, erwähnen seiner in zustimmender Weise.

---

[1] Koelliker, Handbuch der Gewebelehre. 5. Aufl., 1867, S. 175, 85. — Frey, Handbuch der Histiologie und Histochemie, 5. Aufl., 1876, S. 106, 323. — Krause, Allgemeine und mikroskopische Anatomie, 1876, S. 81. — Toldt, Lehrbuch der Gewebelehre, 2. Aufl., 1884, S. 76. — Ranvier Technisches Lehrbuch der Histiologie. Übers. von Nicati und Weiss, 1877, S. 481. — Stricker, Entwickelung der einfachen Gewebe, in „Handbuch der Gewebelehre", II. Bd., 1872, S. 1227.

[2] Leydig hingegen (Vom Bau des thierischen Körpers, 1864, S. 71) hält an der vielzelligen Entstehungsweise der quergestreiften Primitivfaser fest.

Brücke[1] spricht sich folgendermassen aus:

„Die spätere Neubildung von Muskelfasern scheint nicht immer in der Weise vor sich zu gehen, wie sie im Embryo vor sich gegangen; es scheint noch eine andere Bildung von Muskelfasern vorzukommen, die zuerst von Margo beobachtet wurde. Er gibt an, dass er eigenthümliche rundliche Zellen beobachtet habe, die er mit dem Namen der Sarkoplasten bezeichnet. Diese Zellen hätten sich, nachdem sie bis zu einer beträchtlichen Grösse herangewachsen, in mehrere wurstförmige Stücke getheilt. Diese hätten Querstreifen bekommen, und jedes derselben sei in eine Muskelfaser ausgewachsen. Diese sogenannten Sarkoplasten fand Margo nesterweise in Spalträumen zwischen den schon fertigen Muskeln eingeschlossen.......“

Schenk[2] äussert sich ähnlich.

Diese auffällige Erscheinung, dass nämlich etwas seinerzeit genau und ausführlich Beschriebenes und Abgebildetes so wenig anerkannt, respective wiedergesehen wurde, sowie der Umstand, dass in den 25 Jahren, seitdem die betreffende Abhandlung Margo's erschien, nicht nur die histiologische Technik bereichert, das Mikroskop vervollkommnet worden ist, sondern vor Allem unsere grundlegenden Vorstellungen auf biologischem Gebiete weit präcisere geworden sind, waren die Veranlassung, das von Margo angeregte Thema von Neuem aufzunehmen.

Die Entdeckung Margo's wurde zuerst als vorläufige Mittheilung ohne Abbildungen in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften[3] publicirt. Sie führt den Titel: „Neue Untersuchungen über die Entwickelung, das Wachsthum, die Neubildung und den feineren Bau der Muskelfasern.“ Eine ausführliche Abhandlung mit zahlreichen Zeichnungen erschien aber erst zwei Jahre später unter demselben Titel in den Denkschriften[4] derselben Akademie. Ausserdem veröffentlichte[5]

---

1 E. v. Brücke, Vorlesungen über Physiologie. 3. Aufl., Wien 1884. 2. Bd., S. 353.

2 S. Schenk, Grundriss der Gewebelehre, 1885, S. 72.

3 XXXVI. Bd., 1859.

4 XX. Bd., 1861.

5 Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien math.-natur. Classe, XXXIX. Bd., 1860.

er eine Arbeit über die Muskelfasern der Mollusken, worin er unter Anderem denselben Modus der Entwickelung der Muskelfasern, den er zuerst bei Wirbelthieren und Arthropoden beschrieben hatte, auch auf die Weichthiere ausdehnte.

Da ich mich aber ausschliesslich mit der Skelettmusculatur von Wirbelthieren beschäftigt habe, ohne mich auf die Entwickelung von Herzmuskelfasern, oder der Muskelfasern von Evertebraten einzulassen, werde ich nur jenen Theil der Arbeit Margo's berücksichtigen, der sich ebenfalls auf die Skelettmuskeln der Wirbelthiere bezieht. Dabei citire ich, wo nicht ausdrücklich anders angegeben, die massgebende Abhandlung aus den Denkschriften.

Aussehen und Vorkommen seiner Sarkoplasten bei Batrachiern (Kaulquappen, aber nicht der ersten Stadien, und Froschjungen) beschreibt Margo nun folgendermassen (S. 8):

„Oft erscheinen sie im Blastem zwischen den fertigen Muskelfasern eingelagert; man findet sie jedoch ziemlich häufig auch innerhalb der Sarkolemmaschläuche, zwischen dem Sarkolemma und der contractilen Substanz der Muskelfasern, mitunter füllen sie einen ganzen Sarkolemmaschlauch vollkommen aus.

„Es sind dies rundliche, rundlich-ovale oder cylindrische, mit abgerundeten Enden versehene Körperchen . ; die meisten zeigen deutliche Querstreifung, stark markirte Contouren, grosse Lichtbrechungskraft und bergen in ihrem Innern ein oder zwei lichtbrechende Bläschen . . . Manche liegen isolirt im Blastem, entweder gerade oder sanft gekrümmt, bohnenförmig oder halbmondförmig zusammengerollt, andere wieder zu zwei, drei oder mehreren nebeneinander vom Sarkolemmaschlauch eingeschlossen. Die grösseren dieser Körperchen hatten stets eine sehr deutliche Querstreifung, die kleineren manchmal nur eine Andeutung davon; manche schienen bloss einen homogenen, stark lichtbrechenden Inhalt zu enthalten, in welchem dann ausser dem lichten runden Kernbläschen einige zerstreute moleculäre Körnchen wahrgenommen werden konnten.

„Ausser diesen quergestreiften Körperchen . . . . . . sieht man in der Nähe derselben, sowie zwischen den übrigen Muskelfasern häufig noch andere Körperchen, die mehr oder weniger rund . . .

sind; ihre Grösse ist verschieden...; sie enthalten einen einfachen oder in Theilung begriffenen Kern nebst Nucleolus. Die Zellmembran umschliesst überdies einen homogenen, feingranulirten, flüssigen Inhalt. Daneben finden sich oft grössere Zellen. meist mit zwei deutlichen, lichten Kernbläschen, welche, ihrer Lage nach zu urtheilen, offenbar durch Theilung entstanden sein mussten..

Diese Zellen scheinen durch Endogenese in rascher Vermehrung begriffen zu sein, denn man findet nicht selten. auch solche, die theils rund, theils ellipsoidisch gestaltet. .sind, und innerhalb einer gemeinschaftlichen Mutterzellenmembran eine Brut von 2 bis 5, sogar 8 Tochterzellen enthalten."

Auf der Innenwand dieser Zellen, meist aber excentrisch, sieht er eine das Licht stark brechende, sich durch chromsaures Kali färbende Substanz abgelagert, welche in den meisten deutlich Querstreifen zeigt, so dass er diese Zellen als Anfangstufen der Sarkoplasten ansieht.

„In dem structurlosen, homogenen, gallertigen Blastem bilden sich zunächst kleine, runde Zellen, ob direct aus embryonalen Zellen, oder um präformirte Kerne, welche das Product von Embryonalzellen sind, konnte mit Bestimmtheit nicht erwiesen werden; die Gegenwart von freien Kernen zwischen den Zellen scheint einigermassen für das Letztere zu sprechen.....Durch Essigsäure kann bei jungen Sarkoplasten die Zellmembran nachgewiesen werden, später aber scheint sie mit dem contractilen Inhalt dieser Zellen zu verschmelzen."

Die Sarkoplasten scheinen Fortsätze zu treiben, doch könnten diese Bilder auch durch Verwachsung mehrerer entstanden sein. Sie wachsen in die Länge, legen sich seitlich, hinter und neben einander und verschmelzen allmählig in eine continuirliche contractile Substanz.

Dieser Verschmelzungsprocess wird in seinen verschiedenen Stadien ausführlich beschrieben.

Da Margo auch in den Skelettmuskeln anderer Wirbelthiere (ich werde weiter unten genauer erörtern, was für Material er hatte), ferner in den Herzmuskelfasern, in glatten Muskelfasern und in verschiedenen Anthropodenmuskeln Sarkoplasten fand,

glaubte er sich berechtigt (S. 31), die Entstehung aus Sarkoplasten auf alle erwähnten Gattungen contractiler Substanz auszudehnen. Er setzte sie in Gegensatz zu den bis dahin hierüber vorgebrachten Anschauungen. Nicht bloss der von Remak[1] zuerst aufgestellten, von Kölliker anfangs bekämpften, dann angenommenen[2] Lehre von der Einzelligkeit der Muskelfasern und der Ansicht von Reichert und Holst, dass jede Primitivfibrille aus einer Zelle hervorgehe, widersprach er, sondern auch der älteren Lehre von Schwann[3], dass jede Muskelfaser aus mehreren Zellen entstünde, weil die Art und Weise der Verschmelzung, sowie das Stadium, in dem sie nach diesem Autor zu Stande kommt, mit seinen Beobachtungen nicht stimmte. (Vergl. die Zusammenstellung seiner Resultate S. 66.)

Er sprach auch die Vermuthung aus, dass die Beobachtungen von Krebszellen im Innern von Muskelfasern, ferner die Zellschläuche, die Kölliker[4] in den Muskelfasern von Frühlingsfröschen beschrieb, ja sogar die sogenannten Miescher'schen Schläuche eigentlich auf Sarkoplasten beruhen möchten — eine Vermuthung, der ich mich, beiläufig bemerkt, durchaus nicht anschliessen kann.

In Folgendem stelle ich nun zusammen, was mir aus der Literatur an Äusserungen über die Sarkoplastentheorie bekannt geworden ist, soweit es nicht weiter unten Berücksichtigung findet. Dabei werde ich jene Autoren nicht erwähnen, die Margo's Ansicht bloss referiren; ebensowenig die Jahresberichte.

Moritz[5] erwähnt das Resultat der Margo'schen Untersuchung. Obgleich er nun selbst fand, dass zu der Bildung einer

---

[1] E. Remak, Über die Entwickelung der Muskelprimitivbündel. Frorieps Notizen 1845. Nr. 768 und Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere, Berlin 1855, Taf. XI.

[2] Kölliker, Entwickelung der quergestreiften Muskelfasern des Menschen aus einer einfachen Zelle. Zeitschr. f. wiss. Zoologie 1858, S. 139 und Entwickelung der Muskelfaser der Batrachier. Ebend. S. 141, Vergl. auch Handb. d. Gewebelehre a. a. O.

[3] Schwann, Mikroskop. Unters., Berlin 1839, S. 156.

[4] Kölliker, Einige Bemerkungen über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln. Zeitschr. f. wiss. Zoologie 1857, S. 311.

[5] Moritz, Untersuchungen über die Entwickelung der quergestreiften Muskelfaser. Dorpater Inaug. Diss. 1860.

Muskelfaser (bei Säugethieren) mehrere Spindelzellen verwendet werden, und geneigt ist, darin eine theilweise Übereinstimmung mit Margo zu sehen (auch Margo selbst fasst es so auf, in der Vorrede), erblickt er doch wesentliche Differenzen darin, dass er die Zellen nie quergestreift fand, ehe sie spindelförmig ausgewachsen waren, und dass er die von Margo beschriebene Art der Verwachsung („mit den Enden schief über einander, nach Art der contractilen Faserzellen") nur ausnahmsweise sah. Er führt die Differenzen darauf zurück, dass Margo vielleicht unregelmässig geschrumpfte Kerne für quergestreift angesehen habe.

Weitere und sehr wichtige Unterschiede liegen aber ausserdem in den unregelmässigen Formen der Sarkoplasten, in ihrem Auftreten zwischen fertigen Muskelfasern; und nach Anschauung der von Moritz gegebenen Abbildungen muss ich in Abrede stellen, dass er Sarkoplasten gesehen habe.

In der berühmten Abhandlung von Max Schulze „Über Muskelkörperchen und was man eine Zelle zu nennen habe"[1] heisst es (S. 5):

„Und wenn Margo in neuester Zeit statt einer, unter Kerntheilung und Vermehrung des Protoplasma zu einer langen Muskelfaser auswachsenden Zelle deren viele zur Bildung einer solchen Faser zusammentreten lässt, so ist der Widerspruch vielleicht nur ein scheinbarer. Es reducirt sich die Margo'sche Darstellung offenbar darauf, dass er für jeden der vielfachen Kerne in der jungen und fortwachsenden Muskelfaser auch eine besondere Protoplasmaabtheilung, für jeden Kern ein sozusagen ihm eigenes Protoplasmaklümpchen (Sarkoplasten) annimmt, welche aber alle unter einander zu einem homogenen Ganzen, dem Muskelprimitivbündel verschmelzen sollen. Möglich, dass man durch gewissen Stadien der Muskelentwickelung entnommene Präparate zu einer Annäherung an die Margo'sche Ausdrucksweise veranlasst werden wird, zu der mir vorderhand zwingende Gründe noch nicht vorzuliegen scheinen. . . ."

Danach kann ich nicht glauben, dass M. Schulze jemals Sarkoplasten gesehen hat (auch die Abbildungen Margo's hat er schwerlich gekannt). Er hätte sonst nicht einen eigenthümlichen

[1] Arch. f. Anat. u. Phys. 1861.

und ganz charakteristischen Befund, wie den Margo's für eine Sache der Auffassung erklärt.

Deiters[1] untersuchte die Regeneration der Muskelfasern in den abgeschnittenen Schwänzen von Batrachierlarven. Er fand eine Zusammensetzung der Muskelfasern aus mehreren Zellen; obwohl das Detail des Vorgangs nach seiner Beschreibung und Abbildung wenig Gemeinsames mit dem hat, was Margo gefunden hatte, spricht er sich doch nicht vollständig ablehnend darüber aus, und versucht, verschiedene Theile seiner Ansicht damit in Übereinstimmung zu bringen.

v. Wittich[2] fand in den Muskeln erwachsener Frösche nach Maceration in einer Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali „im intermusculären Gewebe spindelförmige, kernhaltige. deutlich quergestreifte Zellen, deren Spitzen oft unmittelbar in einander überzugehen scheinen, zuweilen auch über einander liegen, wie die Faserzellen der Darmmusculatur... Hie und da gelang es sogar, die bereits die ganze Länge des Muskels zeigenden Primitivbündel als aus zwei oder mehreren dachziegelförmig mit ihren Spitzen zusammengewachsenen Spindelzellen zusammengesetzt nachzuweisen..

„Die Muskelbündel entwickeln sich auch im erwachsenen Thier aus primären Spindelzellen, von denen beim Frosch wenigstens, sich wohl mehrere zu einem zusammenstellen und dann sowohl der Länge als auch der Quere nach wachsen. (Margo.)"

Danach scheint es, als ob v. Wittich selbst seinen Befund als eine Bestätigung der Margo'schen Angaben aufgefasst hätte. Jedenfalls haben Andere es vielfach gethan.

Da die Abhandlung v. Wittich's ohne Abbildungen erschienen ist, kann ich ein sicheres Urtheil darüber, ob er wirklich Sarkoplasten gesehen hat, nicht abgeben. Wahrscheinlich ist es mir aber nicht; denn spindelförmige quergestreifte Zellen sind mit Sarkoplasten keineswegs identisch.

---

[1] Deiters, Beitrag zur Histiologie der quergestreiften Muskelfaser. Arch. f. Anat. u. Physiologie 1861.

[2] v. Wittich, Beiträge zur Histiologie der quergestreiften Muskeln. Königsberger med. Jahrbücher 1861.

F. E. Schultze[1], in dessen Arbeit gewöhnlich der Beweis für die Entstehung der Muskelfaser aus einer Zelle gesucht wird, fand in der Schwanzmusculatur von Batrachierembryonen den Raum zwischen zwei Bindegewebsseptis manchmal durch eine einzige Spindelzelle ausgefüllt. Da er nun auch bei Tritonen manchmal nur einen Kern in den Muskelfasern fand, glaubte er die Ansicht Margo's, den er einfach als Anhänger Schwann's citirt, widerlegt zu haben.

Rouget[2] erklärt Alles, was unter dem Namen Sarkoplasten etc. beschrieben worden ist, als Product von Zerreissung.

Weismann[3], der eine Vermehrung der Muskelfasern durch Spaltung der fertigen, Wachsthum der Spaltungsproducte u. s. f. beschrieb, glaubte hiedurch die Angaben Margo's, soweit sie sich eben auf das Wachsthum schon fertiger Muskeln beziehen, widerlegt zu haben.

Im Übrigen bedauert er, dass das Fehlen von Abbildungen, Massangaben u. s. f. (er kannte nur die vorläufige Mittheilung aus den Sitzungsberichten!) ihm ein Urtheil über die Richtigkeit der Margo'schen Angaben unmöglich mache, und dass er dieselben nicht habe durch eigene Untersuchung controliren können.

In einer späteren Abhandlung[4] aber, in der er sich (für die Wirbelthiere und nur für diese) als Anhänger der Remak-Kölliker'schen Ansicht declarirt, erklärt er dem entsprechend die Angaben Margo's für irrig (S. 63, 65).

Waldeyer[5] erwähnt, bei der Regeneration der Muskelfasern nach Typhus-Bilder gesehen zu haben, die an die Sarkoplasten Margo's errinnern. (Ohne Abbildung.)

---

[1] F. E. Schulze, Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der quergestreiften Muskelfasern. Arch. f. Anat. und Physiol. 1862.

[2] Rouget, Mémoire sur le développement embryonnaire des fibres musculaires. Journal de la physiologie 1863.

[3] Weismann, Über das Wachsthum der quergestreiften Muskelfasern. Zeitschr. f. rat. Medicin 3 R. X. Bd.

[4] Weismann, Über zwei Typen contractilen Gewebes. Zeitschr. f. rat. Medicin 3. R. XV. Bd.

[5] Waldeyer, Über die Veränderungen der quergestreiften Muskelfasern beim Abdominaltyphus. Cent. Bl. f. die med. Wiss. 1865.

In einer anderen Abhandlung desselben Autors[1] finde ich eine Abbildung (Taf. X, Fig. 5), die Sarkoplasten sehr ähnlich ist. Er selbst gibt aber dazu die Erklärung: „Muskelzellenschlauch aus dem Gastrocnemius des Frosches nach Myositis; zwischen den Muskelzellen sind noch längliche Stückchen quergestreifter Substanz enthalten", er scheint das Bild also nicht dafür aufgefasst zu haben.[2]

Fox Wilson[3], der die ersten Entwickelungsstufen von Wirbelthierembryonen untersucht hat und sich vollständig an Remak anschliesst, betrachtet die Ansicht Margo's, dessen Abhandlung er nicht nach dem Original, sondern nach dem Lehrbuch Kölliker's citirt, als irrig.

Frédéricq[4] findet zwar (im Herzen von Hühnerembryonen) „des corps fusiformes formés de fibrilles, laissant entre elles une lacune occupée par un amas de protoplasma avec un noyau..." und sagt „Ce sont là sans doute les sarcoplastes de Margo." Seine Abbildungen aber zeigen keine Sarkoplasten, und er kommt schliesslich doch zu dem Resultat (p. 94):

„Que dire maintenant des Sarkoplastes de Margo? Personne ne les a vus avant lui; personne après lui n'est venu constater leur existence."

Meine Untersuchungen erstreckten sich auf Amphibien und Säugethiere. Von ersteren wurden Kaulquappen von Frosch und Kröte, die keine äussern Kiemen, meist schon Andeutungen von hinteren Extremitäten hatten, und junge Frösche berücksichtigt, die den Schwanz eben abgeworfen hatten und noch am Rande

---

[1] Waldeyer, Über die Veränderungen der quergestreiften Muskelfasern bei der Entzündung. Virch. Arch. 34. Bd., 1865.

[2] Es wäre vielleicht der Mühe werth, in den Muskeln von Personen, die in der Typhusreconvalescenz plötzlich, z. B. durch Perforation eines Darmgeschwürs gestorben sind, nach der Regeneration der Muskelfasern, speciell nach Sarkoplasten zu suchen.

[3] Fox Wilson, On the development of striated muscular fibre. Phil. Trans. Vol. 156, 1866.

[4] Frédéricq, Génération et structure du tissu musculaire. Bruxelles 1875.

des Weihers lebten, in dem sie ihre Larvenentwickelung durchgemacht hatten; vielfach hatten sie noch kurze Stummel von Schwänzen. Von Säugethieren habe ich menschliche Embryonen, sowie solche von Kaninchen, Schwein, Maus und Meerschweinchen untersucht. Alles histiologische Detail wurde an den Amphibien eruirt; und ich gehe zunächst daran, meine Befunde bei diesen mitzutheilen.

Auf die Untersuchung frischer, überlebender Objecte habe ich mich nicht eingelassen. Der lebendige Muskel ist ein so zartes, hinfälliges Gebilde, bei den in Rede stehenden Thieren so schwer zu zerzupfen, dass ich nach wenigen Versuchen es aufgegeben habe, auf diese Weise vorwärts zu kommen; so erhaltene Befunde hätten mir kein Vertrauen einflössen können.

Ich habe also ausschliesslich an fixirten Objecten gearbeitet und zu diesem Behufe die Thiere theils direct in starkem Alkohol (93% bis 95%) ertränkt, theils zunächst in Chromsäure (von 1 1000) oder in Chromsäure 1 : 300 mit einem Zusatz von Ameisensäure (nach Rabl[1]) eingelegt, nach 24 Stunden gehörig ausgewaschen, und zuerst in schwächeren, nach 24 Stunden in starken Alkohol übertragen; oder die Thiere wurden in 1% Osmiumsäure getödtet und 1 Stunde darin gelassen. Bei der Kleinheit und dem Wasserreichthum der in Rede stehenden Objecte dringen alle diese Reagentien, auch die Osmiumsäure, sehr gut ein. Die Färbungen wurden an kleinen Stückchen Musculatur, gelegentlich auch in toto vorgenommen. Ich habe mich des Boraxcarmins, des Hämatoxylins[2] mit nachfolgender Entfärbung durch verdünnte Essigsäure oder Alkohol mit 3% HCl und des Gentianavioletts in concentrirter wässriger Lösung bedient, sowie einer Doppelfärbung mit Hämatoxylin und Eosin. Letztere wurde in der Weise hergestellt, dass die Objecte zunächst in Hämatoxylin überfärbt wurden. Dann zerzupfte ich sie und suchte mir unter dem Mikroskop eine passende Stelle. Dann saugte ich unter fortwährender Controle so lange verdünnte Essigsäure durch das Präparat, bis die betreffende Stelle die gewünschte Färbung hatte,

---

[1] C. Rabl, Zelle und Zelltheilung. Morpholog. Jahrb. X, S. 214.

[2] Eine concentrirte alkoholische Lösung von Hämatoxylin einer $\frac{1}{3}$% Alaunlösung zugesetzt. Nimmt erst nach Wochen eine schöne blaue Färbung an, muss vor dem Gebrauch filtrirt werden, färbt contractile Substanz.

d. h. bis Alles ausser den Kernen so gut wie farblos war. Doch muss ich gleich bemerken, dass es mir nur nach Alkoholhärtung gelang, das zu erreichen; nach Härtung in Chromsäure schien die quergestreifte Substanz an Muskeln den Farbstoff ebenso festzuhalten wie die Kerne. War der gewünschte Grad der Entfärbung erreicht, so wurde durch Durchsaugen von destillirtem Wasser die Essigsäure sorgfältig entfernt, und eine $^1/_2$ procentige wässrige Lösung von Eosin an den Rand des Deckgläschens gebracht. Hiedurch färbte sich die quergestreifte Substanz schön roth[1]; dann wurde das Eosin durch destillirtes Wasser entfernt und Glycerin zugesetzt. Diese Methode mag umständlich erscheinen; sie liefert aber sehr klare und überzeugende Bilder, wegen der Eigenschaft der contractilen Substanz, sich mit Eosin stark zu färben, und man entgeht dem Übelstand, der nicht selten eintritt, wenn man alle beschriebenen Proceduren in toto durchmacht und nachträglich zerzupft, dass man nämlich keine zur Untersuchung passende Stelle, oder wegen mangelhafter Penetration eines Reagens, eine solche, aber in ungenügender Färbung findet.

Die einzelnen beschriebenen Methoden leisten nun Verschiedenes; kommt es darauf an, die Querstreifung möglichst deutlich zu sehen, so sind ungefärbte Alkoholpräparate, in Wasser oder verdünntem Glycerin liegend, das Beste.[2] Für das Verhalten

---

1 Cfr. J. Renaut, Application des propriétés électives de l'Eosine soluble dans l'eau à l'étude du tissu conjonctif. Archives de physiologie 1877, p. 210.

2 Ich muss hier die Härtung in Alkohol gegen den Vorwurf Wagener's (Über die Muskelfasern der Evertebraten, Reichert und Du Bois' Archiv 1863, S. 211) in Schutz nehmen, welcher gemeint hatte, dass man beim Zerzupfen derartig gehärteter Muskeln nur Bruchstücke bekommen könnte, und durch die Betrachtung der Margo'schen Abbildungen in der Meinung bestärkt wurde, dass die Sarkoplasten eben diese Bruchstücke seien; eine Meinung, die von Boll (Beiträge zur vergleichenden Histiologie des Molluskentypus, Arch. f. mikr. Anatomie 1869, Supplement) in der Weise citirt wird, dass er sagt, Wagener hätte „nachgewiesen", die Ansichten Margo's bezüglich der Entwickelung von Muskelfasern sei falsch und beruhe auf dem Einfluss des gebrauchten Reagens. Jedermann weiss heutzutage, dass man die fertig entwickelten Muskeln nirgend besser erhalten findet, als an Fröschen, die in Alkohol ertränkt sind. Natürlich bekommt man beim Zerzupfen solcher Muskeln auch Bruchstücke; dieselben sind aber an ihren aufgefaserten, unregelmässigen Enden, an den sichtbaren Spuren der Ein-

der Sarkoplasten zu den Kernen und zum Protoplasma sind die Doppelfärbungen zu verwenden und stärker aufhellende Flüssigkeiten, also concentrirtes Glycerin. Diese Doppelfärbung gelingt am besten an Objecten, die direct im starken Alkohol ersäuft sind. Wollte ich aber über das Verhalten der Kerne, über das etwaige Vorkommen karyokinetischer Figuren Auskunft erhalten, so kamen die Härtungen in sauren Flüssigkeiten, die Färbungen mit Hämatoxylin und angesäuertem Alkohol, oder mit Gentianaviolett und Alkohol in Anwendung. Die in der letzt angegebenen Weise behandelten Objecte müssen dann in Nelkenöl rasch aufgehellt und in Damarlack übertragen werden, sie werden mit Abbé'schem Beleuchtungsapparat mit weitem Diaphragma angesehen. Es ist mir mit Gentianaviolett besser als mit Hämatoxylin gelungen, Präparate herzustellen, an denen Nichts als die Kerne, diese aber sehr intensiv gefärbt waren. Mit Boraxcarmin gefärbte Präparate lassen Kerne, Protoplasma und quergestreifte Substanz besser erkennen als ungefärbte, wenn auch nicht so gut, als in der angegebenen Weise doppelt gefärbte; sie sind aber sehr bequem und sicher in toto herzustellen.

Als das günstigste Object zur Auffindung der Sarkoplasten[1] haben sich mir die kleinen Frösche (2 bis 3 Ctm. lang) von oben angegebener Beschaffenheit erwiesen, und bei ihnen sind wieder die Rückenmuskeln der hauptsächliche Fundort. Aber auch die Rückenmuskeln der Kaulquappen von Fröschen und Kröten mit eben hervorsprossenden hinteren Extremitäten, sowie die Extremitätenmuskeln der Frösche liefern Sarkoplasten[2].

---

wirkung der Nadel sofort als solche zu erkennen und mit Sarkoplasten nie zu verwechseln. Die Objecte lassen sich im Allgemeinen gut zerzupfen, besonders wenn sie nicht allzulange in Alkohol gelegen haben. Schnitte habe ich auch angefertigt; sie sind aber, wie sich fast von selbst versteht, zu der vorliegenden Untersuchung nicht zu verwenden gewesen.

[1] Ich reservire diesen Ausdruck ausschliesslich für die von Margo beschriebenen unregelmässig gestalteten quergestreiften oder nicht quergestreiften Körper. (S. oben.)

[2] Es mag hier ein Einwand erörtert werden, der sich Manchem aufdrängen wird und den auch ich mir zu Beginn meiner Untersuchung ernsthaft gemacht habe, ob es sich nämlich nicht um Zerfall statt um Neubildung handle? Auch Margo hat sich diese Frage vorgelegt, und sie wegen des Befundes in den Rücken- und Extremitätenmuskeln der Frösche, sowie bei andern Thieren dahin beantwortet, dass es sich um Neubildung handle. Ich

Was die Häufigkeit ihres Vorkommens anbelangt, so habe ich sie beispielsweise bei circa 15 Fröschen, die ich im heurigen Sommer untersuchte, nur einmal vermisst, und glaube, hauptsächlich auf diese Reihe gestützt, sie als ein constantes und normales Vorkommen, zunächst in der Entwickelung der Batrachier ansehen zu dürfen. Freilich durchsucht man wohl auch eine Anzahl Thiere vergebens. Es wäre mir leicht, die „Statistik" meiner Befunde anzugeben; ich glaube aber den negativen Ergebnissen keinen Werth beimessen zu sollen.

Wenn man an einem Thier auf einem Zupfpräparat Sarkoplasten findet, so kann man ziemlich sicher sein, sie auf allen zu finden. Es verhält sich damit ähnlich, wie nach Flemming's Angabe mit den karyokinetischen Figuren[1], und gleich ihm führe ich das auf ein „schubweises" Auftreten des fraglichen Phänomens zurück.

Ich hebe hervor, dass allen bisher angegebenen Fundorten von Sarkoplasten Eines gemeinsam ist:

Die Sarkoplasten liegen zwischen fertigen Muskelfasern; sie finden sich bei Thieren, an denen die Hauptmasse der Musculatur bereits gebildet ist, an Thieren, an denen die Differenzirung des Gewebes aus den indifferenten Zellen, die die Furchung des Eies liefert, längst vorüber, ja sogar der histiologische Ausbau der Gewebe fast vollendet ist.[2] Margo selbst gibt an (a. a. O. S. 7), dass ihm sehr junge Froschembryonen nicht zur Verfügung standen. Ich habe solche ebenfalls nicht untersucht, weil mir das Vorkommen von Sarkoplasten bei der ersten Anlage des Embryo, bei der Differenzirung der Gewebe nach den ausführlichen

---

möchte erwähnen, dass ich den grössten Theil meiner positiven Befunde in zwei Sommern an Fröschen gemacht habe, die Vormittags eingefangen und Nachmittags getödtet waren, so dass von einer Erkrankung durch lange Gefangenschaft gar nicht die Rede sein kann. Es hat keine Schwierigkeit, die gesammte Schulter-, Rücken- und Beckenmusculatur eines derartigen kleinen Frosches zu zerzupfen und zu durchmustern: ich war gelegentlich erstaunt zu sehen, ein wie grosser Theil der ganzen Masse aus Sarkoplasten bestand.

[1] W. Flemming, Über Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. Leipzig, 1882, S. 271.

[2] Beispielsweise sind bei den Kaulquappen in dem von mir verwendeten Entwickelungsstadium die peripherischen Nerven bereits zum Theile markhaltig, wenn auch die Markscheide noch sehr dünn ist; sie lässt sich durch Osmiumsäure nachweisen.

Angaben vieler guter Beobachter, die eben ausschliesslich dieses Stadium untersuchten, äusserst unwahrscheinlich erschien.

Ich habe aber die Gelegenheit benutzt, die eben hervorsprossenden Extremitäten von Kaulquappen auf die Entwickelung ihrer Musculatur hin zu untersuchen; ich habe nichts gefunden, was an Sarkoplasten erinnern könnte, sondern Bilder, die eine Zusammensetzung der Muskelfasern aus Sarkoplasten so gut wie ausschliessen, nämlich cylindrische Gebilde mit einer Anzahl centraler, länglicher, in einer Reihe liegender Kerne, und einem mehr oder weniger dicken Mantel von quergestreifter, fibrillärer Substanz — also das, was Lebert[1] mit einem Ausdruck, der mir sehr glücklich erscheint, als „tuyaux musculaires" bezeichnet — jenes Stadium, bezüglich dessen Vorkommens bei der ersten Anlage der Muskelfasern in den Embryonen aller Wirbelthiere alle Autoren übereinstimmen, wenn sie auch sonst ganz uneinig sind.

Zerzupft man nun etwa Rückenmuskeln eines jungen Frosches und durchmustert das Präparat, in Wasser oder Glycerin liegend, bei 300maliger Vergrösserung, so trifft man im günstigen Fall Bilder wie dasjenige, von dem Fig. 1 eine Vorstellung geben soll.[2] In spindelförmigen Räumen zwischen Muskelfasern, oder in fibrillärem Bindegewebe (das wohl dem Perimysium internum angehört) liegen in grösserer oder kleinerer Zahl (Fig. 1 stellt den kleinsten Theil eines Sarkoplastenhaufens dar) Körper von verschiedener, im Allgemeinen rundlicher Form und ebenso verschiedener Grösse[3] — soweit es möglich ist, in dem Durch-

---

[1] Lebert, Sur la formation des muscles dans les animaux vertébrés. Annales des sciences naturelles. 3 série, tome XI, 1849, p. 349.

[2] Angesichts der zahlreichen überaus naturgetreuen und anschaulichen Abbildungen Margo's glaubte ich es unterlassen zu können, ungefärbte, in Massen über- und nebeneinander liegende Sarkoplasten häufiger darzustellen.

[3] Ich denke, dass jene Abbildungen, welche Sarkoplasten neben fertigen Muskelfasern zeigen, eher eine Vorstellung von der Grösse derselben geben werden als Zahlen. Nachstehend übrigens die Resultate einer Messung mit Angabe des Objectes, auf welches sie sich bezieht:

Fig. 3 *f*.	Länge der ganzen Zelle	. 0·0270 Mm.
	Breite „ „ „	0·0135
	Länge des einen Sarkoplasten	0·0180
	Breite „ „ „	0·0075

Kern 0·0090 Mm. × 0·0067 Mm.

einander von Contouren darüber etwas auszusagen. Sie haben ein starkes Lichtbrechungsvermögen. Ihre Form ist kugelig, ellipsoidisch, cylindrisch mit abgerundeten Enden, manche sind langgestreckt, manche gekrümmt, so dass wurst- und kipfelförmige, halbmond- und bohnenförmige Formen resultiren. Spindeln, das heisst Körper mit zugespitzten Enden, sind äusserst selten; und ich hebe das besonders hervor, weil manche Beobachter geglaubt haben, dasselbe zu sehen wie Margo, wenn sie bei der Entwicklung der Musculatur auf spindelförmige, quergestreifte Zellen stiessen. Von den Sarkoplasten sind einige, im Allgemeinen die kleinsten und kugelförmigen, homogen; andere zeigen eine Andeutung von Querstreifung; bei stärkerer Vergrösserung, und an isolirt oder am Rand eines Haufens liegenden sieht man, dass diese Querstreifung bei manchen nur an der Oberfläche zu finden ist. Andere sind deutlich und scharf quergestreift, aber feiner als die ausgebildeten quergestreiften Muskelfasern neben ihnen; noch andere unterscheiden sich in ihrer Querstreifung nicht von diesen. Wo sie zwischen Muskelfasern liegen, ist ihre Längsaxe im Allgemeinen diesen parallel. Ich habe sie nie innerhalb eines Sarkolemmaschlauches gefunden, wiewohl häufig in schlauchförmigen Räumen. Das waren aber immer Spalträume zwischen Muskelfasern. Zwischen den Sarkoplasten bemerkt man auch Spuren einer granulirten, protoplasmaartigen Masse und man sieht nicht selten zwei bis drei, auch noch mehr Sarkoplasten in einem kugelförmigen Raum beisammen liegen, von einem Contour umgeben.

In Allem, ausser in Bezug auf das Vorkommen innerhalb des Sarkolemmas stimmt meine Beschreibung mit der von Margo gegebenen (S. oben) gut überein; aber noch in einem Punkte muss ich ihm schon jetzt widersprechen. Es betrifft dies das „Kernbläschen“, welches sich nach seiner Angabe und Abbildung in den Sarkoplasten endständig zu einem oder zweien finden soll. Ich habe mich nicht davon überzeugen können, dass es sich dabei um etwas Anderes gehandelt habe, als um ein dioptrisches Phänomen, welches darauf beruht, dass die Sarkoplasten als stark lichtbrechende Körper mit gekrümmten Oberflächen unter Umständen wie Convexlinsen wirken können. Vielleicht war eine Täuschung in dieser Richtung für Margo darum möglich, weil

er ausschliesslich in schwach lichtbrechenden Medien untersucht hat, wobei sich derartige dioptrische Phänomene stärker in den Vordergrund drängen.

Übergehen wir nun zu dem, was man an gefärbten Präparaten sieht, so betreten wir damit das Gebiet, welches Margo nach dem Stande der histiologischen Technik zu der Zeit, als er seine Untersuchungen anstellte, unzugänglich war. Zunächst ist im Anschluss an seine Angabe, dass sich die Sarkoplasten Reagentien gegenüber ebenso verhalten wie quergestreifte Muskelfasern, zu erwähnen, dass es sich auch mit den von mir gebrauchten Tinctionsmitteln so verhält. Vor allem ist eine starke Färbung durch die Einwirkung von Eosin (Vergl. Renaut a. a. O.) den Sarkoplasten, einerlei ob sie quergestreift oder homogen sind, und den quergestreiften (und glatten) Muskelfasern gemeinsam. Jodtinctur färbt Sarkoplasten — quergestreifte und homogene — ebenso gelb wie Muskelfasern, desgleichen Pikrinsäure. Osmiumsäure (Fig. 2) bräunt beide. Gegen Boraxcarmin und Hämatoxylin verhalten sie sich identisch, einerlei wie sie fixirt sein mögen. Kurz, was schon der Augenschein andeutet, die Identität der Substanz von Sarkoplasten und quergestreiften Muskelfasern, wird durch die Prüfung mit den verschiedenen Reagentien bestätigt. Ein wichtiger Umstand ist noch der auch von Margo angeführte, dass die Sarkoplasten doppeltbrechend sind. Ich kann das bestätigen und hinzufügen, dass sie es schon sind, wenn man mit Hartnack VIII. nicht im Stande ist, auch nur eine Spur von Querstreifung an ihnen wahrzunehmen, wenn sie kugelig, homogen, ziemlich stark lichtbrechend, also im ungefärbten Zustand Fetttropfen nicht unähnlich sind, von denen sie übrigens ausser dem geringern Brechungsindex auch ihr Verhalten gegen Tinctionsmittel und gegen Äther sofort trennt.[1]

[1] Ich wüsste kaum etwas anzuführen, womit man Sarkoplasten, die Querstreifung zeigen, verwechseln könnte — gewiss nicht mit Bruchstücken von Muskelfasern. Ebensowenig könnte man, wie Bremer (Über die Muskelspindeln Arch. f. mikr. Anat. XXII. 1883. S. 328) meint, gewucherte und aus dem Zusammenhang gerissene Muskelkörperchen dafür ansehen. Schon die deutliche Querstreifung sowie die Grösse der Sarkoplasten müsste vor dieser Verwechslung schützen. Unter den Abbildungen Bremer's sucht man vergebens nach etwas, was einem Sarkoplasten ähnlich ist. Bremer hätte

Wenn man nun behufs einer bessern Einsicht in das gegenseitige Verhalten von Sarkoplasten zu dem etwa vorhandenen Kern und Protoplasma sich an das Studium doppelt gefärbter Präparate macht und Stellen aussucht, an denen sie isolirt liegen und stärkeren Objectiven zugänglich sind, so kommt man auf mannigfaltige Bilder, von denen ich in Fig. 3 eine Anzahl dargestellt habe.[1] Sarkoplasten, stark roth gefärbt, von verschiedener Form und Grösse, manche gar nicht quergestreift, manche nur theilweise und undeutlich, manche sehr deutlich, liegen einzeln, oder zu mehrern in kugeligen oder ellipsoidischen Räumen. Nicht alle, die in einem derartigen Raum beisammenliegen, sind gleich stark quergestreift, vielmehr liegt häufig ein kugeliger, homogener neben einem länglichen, bereits quergestreiften. Neben und zwischen diesen Sarkoplasten, niemals in ihnen liegt ein intensiv blau gefärbter Kern von unregelmässiger Gestalt. Nachdem die Lage des Kerns eine Differenz zwischen Margo's Darstellung und der meinigen begründet (er beschrieb und zeichnete ja das „Kernbläschen", welches nach Grösse und Habitus einem Nucleolus entspricht, in den Sarkoplasten), nachdem dieselbe ferner für die Auffassung der ganzen Sache massgebend ist, habe ich diesem Punkte meine besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Wenn ich nun bedenke, dass die Methoden zur Diagnose von Kernen, die mir in den verschiedenen Tinctionen zu Gebote

---

übrigens die angeführte Vermuthung gewiss nicht geäussert, wenn ihm die mit zahlreichen Abbildungen versehene Publication Margo's aus den Denkschriften der Wiener Akademie (XX. 1861) und nicht bloss die vorläufige Mittheilung aus den Sitzungsberichten (XXXVI. 1859) vorgelegen hätte. Dieser Umstand, dass nämlich die Beobachter häufig bloss letztere kannten, hat manches ungerechte Urtheil über Margo's Entdeckung — aber allerdings auch das verschuldet, dass man hie und da denken konnte, Sarkoplasten gesehen zu haben, während es sich um ganz andere Dinge handelte. Bei der Betrachtung der Abbildungen, welche Bremer (a. a. O.) von den „Muskelspindeln" gibt, bin ich zu der Überzeugung gekommen, dass diese mit Sarkoplasten nichts zu thun haben.

[1] Bei der unregelmässigen Form der Sarkoplasten versteht es sich von selbst, dass der optische Querschnitt derselben bei verschiedener Einstellung des Tubus verschieden ist. Man sieht bei hoher Einstellung einen Kreis, bei tiefer zwei „Würste"; die eigentliche Form ist dann die einer dicken, nach unten gebogenen Platte, u. s. f. Einen derartigen Fall habe ich in Fig. 3 *d*, *e* dargestellt.

standen, denen, über welche Margo seinerzeit verfügte, überlegen sind, dass ferner meine optischen Hilfsmittel (homogene Immersion $^1/_{20}''$ von Reichert etc.) auch hinter dem vorzüglichen Instrument, dessen sich Margo bediente (von Powell und Lealand), gewiss nicht zurückstanden, und dass ich trotzdem und trotz vielfachen Suchens nie im Stande war, irgend etwas Kernartiges in den Sarkoplasten zu sehen, so sehe ich mich genöthigt, die diesbezügliche Angabe Margo's für einen Irrthum zu halten. Wie derselbe wahrscheinlich zu Stande kam, darüber habe ich mich bereits geäussert. Auch ich habe mitunter einen hellen Punkt in den Sarkoplasten wahrgenommen, besonders dann, wenn einer aus der Bildebene heraus nach oben oder unten gekrümmt war. Dieser helle Punkt aber machte stets den Eindruck eines Phänomens, das durch Diffraction erzeugt würde; die Ergebnisse der Färbungen liessen es vollends nicht zu, ihm darüber hinaus Realität zuzuschreiben.

Neben Kern und Sarkoplasten liegt, sie umhüllend und den Rest eines rundlichen Raumes einnehmend, eine fein granulirte, durch Eosin schwach roth gefärbte Masse, in der auch wohl Pigmentkörnchen liegen, und in der man leicht Protoplasma erkennt. Nach aussen begrenzt sich das ganze Gebilde, aus Kern, Sarkoplasten, Protoplasma bestehend, manchmal, aber nicht immer, durch einen feinen, gefärbten Contour, den ich nie doppelt gesehen habe. Ich habe mich durch kein Hilfsmittel von dem Vorhandensein einer Membran überzeugen können.[1] Aus dem Gesagten ergibt sich meine Auffassung der ganzen Sache von selbst. Die Sarkoplasten sind nicht selbst Zellen, wie Margo meinte, sondern sie liegen in Zellen.

Die auffallend unregelmässigen Formen der Kerne dieser „Sarkoplastenzellen" forderten zu näherer Betrachtung auf. (Vergl. Fig. 3, 11, 12, 18, 19 *b* bis *i*). Die Zeichnungen, die ich von ihnen

---

[1] Margo gibt an, dass eine solche existirt, sie soll übrigens später verschwinden. Doch ist zu bedenken, dass damals noch eine Membran für das allgemeine Attribut aller Zellen gehalten wurde. Bei Sarkoplasten, die schon Querstreifung haben, hat Margo den Kern nicht gesehen, auch ohne Tinction nicht wohl sehen können. In den Sarkoplastenzellen, die er gekannt zu haben scheint (Fig. 2), beschreibt er Kern und auch Kerntheilung, schliesst jedoch letztere nur aus der Lage der „Kernbläschen".

entworfen habe, zeigen besser, als eine Beschreibung, um was es sich handelt. Das Auffallendste sind jedenfalls Formen, wie Fig. 12*c*, 19*g*, 19*b*, an denen zwei, oder auch drei stark blau tingirte Partien durch ebenfalls blau tingirte Fäden zusammenhängen; ferner solche wie Fig. 19*h* wo ein fadenartiger blauer Fortsatz an einem kernartigen Gebilde hängt. Derartige Objecte — ich hätte meine diesbezüglichen Abbildungen leicht sehr vermehren können — legen den Gedanken an Kerntheilung nahe. Ich habe es nicht unterlassen, nach den von Rabl (a. a. O.) angegebenen Methoden, die ich anderweitig erprobt hatte, nach karyokinetischen Figuren zu suchen. Ich habe nie etwas Anderes gesehen, als Bilder, dem ähnlich, was ich in Fig. 19 *b* bis *i* darzustellen versucht habe, wie es sich an einem in Chromameisensäure und Alkohol fixirten Objecte, nach Färbung mit Gentianaviolett, bei Betrachtung mit der homogenen Immersion $^1/_{20}{}''$ von Reichert und Abbé'schem Beleuchtungsapparat ohne Blendung präsentirt. Diese Kerne gehören sämmtlich zu einer Gruppe ziemlich langer und deutlich quergestreifter Sarkoplasten, ähnlich der in Fig. 17 abgebildeten.

Das Präparat lag in Damarlack; die Entfärbung aller Gebilde ausser den Kernen war vollkommen. Es ist keine Spur regelrechter, typischer Karyokinese wahrzunehmen. Wie ein Vergleich mit dem Muskelkern (Fig. 19 *a*) und anderen, in demselben Präparat vorfindlichen Kernen lehrt, sind sie im Ganzen dunkler gefärbt als diese, und es ist die chromatophile Substanz in unregelmässigen Klumpen zusammengeballt, von denen fädige Fortsätze ausgehen, statt wie es „ruhenden Kernen“ im Allgemeinen zukommt,[1] in Form eines feinen Gerüstes mit rundlichen Nucleolen durch den ganzen Kern vertheilt zu sein. Ganz ähnlich sehen die Kerne von „Sarkoplastenzellen“ nach Färbung mit Hämatoxylin und nachfolgender Behandlung mit angesäuertem Alkohol aus, nur dass ich auf diese Weise keine so „reine“ Kernfärbung erzielt habe als mit Gentianaviolett.

Als was haben wir nun diese Kerne aufzufassen? Man könnte daran denken, dass sie zu Grunde gehen. Aber man findet sie in

[1] Vergl. z. B. Flemming a. a. O. Fig. 80, 81 auf Tafel V und Fig. *Db* auf S. 101.

Zellen, die noch gar keinen, oder nur einen kleinen Sarkoplasten enthalten (Fig. 20) und ebenso neben langen und deutlich quergestreiften Sarkoplasten, in denen ich die weiteren Entwicklungsstufen sehe; Kerne liegen auch (Fig. 8, 9, 10) neben ganz langen Sarkoplasten, die meiner Auffassung entsprechend die Vorstufen regelrechter Muskelfasern bilden[1] und ich sehe keinen Grund, anzunehmen, dass sie zu Grunde gehen. Auch sehen in Destruction begriffene Kerne, soviel ich weiss, anders aus. Sie färben sich entweder nur unvollkommen oder gar nicht (Weigert's Coagulationsnekrose), oder sie zerfallen in tingirbare Bröckel und Körner. Das ist bei den in Rede stehenden nicht der Fall, und ich halte ein zu Grundegehen derselben für unwahrscheinlich.

Man könnte ferner daran denken, die sonderbaren, unregelmässigen Formen der uns beschäftigenden Kerne rührten von dem Wachsthumsdruck der sich neben ihnen entwickelnden Sarkoplasten her. Aber ich habe dieselben Kernformen in Zellen gesehen (und in Fig. 20 abgebildet), die eine neben der andern, ohne sich zu berühren, in einer Platte faserigen Bindegewebes lagen (ähnlich wie in Fig. 4 und 6) und die zum Theil noch gar keine Sarkoplasten enthielten. Auf Compression können diese Kernformen also nicht beruhen.

Es bleibt eine dritte Annahme, nämlich, dass es sich um eine Kerntheilung ohne vorausgegangene Karyokinesis, um eine atypische, amitotische, directe Kerntheilung handle. Die Möglichkeit, dass eine solche vorkomme, wird von Flemming, dem wohl die grösste Erfahrung in diesen Dingen zukommt, nicht geleugnet (a. a. O.). Und bei dem grossen Interesse, das sich neuerdings den Vorgängen an Kernen zuwendet, habe ich geglaubt, mit diesem Theil meiner Beobachtungen nicht zurückhalten zu sollen.

Was wird aus den Sarkoplasten? Und was sind die Zellen, in denen wir sie finden, in denen sie, wir dürfen wohl sagen, entstehen?

---

[1] Wenn sie an letzteren Figuren seltener sind, so ist zweierlei zu bedenken. Erstens, dass die intensiv roth gefärbten Sarkoplasten sie verdecken konnten; zweitens, dass mit dem Wachsthum der Letztern die Kerne nothwendig auf grössern Raum vertheilt werden, also seltener erscheinen müssen.

Die erste Frage beantwortet sich nach Beobachtungen, wie sie den Fig. 8, 9, 10, 17 zu Grunde liegen, dadurch, dass man alle Übergänge von runden, homogenen zu immer längeren, deutlich quergestreiften Sarkoplasten findet. Die längern sind im Allgemeinen parallel den Muskelfasern, zwischen denen man sie fiudet, nur noch vielfach gewunden und geschlängelt. Von der complicirten und unregelmässigen Art, in der sie neben- und übereinander liegen, ist es schwer, durch Abbildung oder Beschreibung eine adäquate Vorstellung zu erlangen; man muss es gesehen haben. Es scheint aber auch vorzukommen, dass Sarkoplasten mit einander verwachsen, ehe sie so lang geworden sind, als beispielsweise die in Fig. 10 dargestellten. Nach der Angabe Margo's, die ich bestätigen kann, finden sich nämlich unregelmässig begrenzte Stücke quergestreifter Substanz, an denen noch wellige Linien, die in ihnen und auf ihnen verlaufen, an die Verschmelzung der Sarkoplasten erinnern, aus denen sie entstanden sind. Ich habe derartige Bilder an den Extremitätenmuskeln häufiger gesehen, als an den Rückenmuskeln. Indess, das kann auch Zufall sein. Ich habe sie ebenso wie Sarkoplasten auch durch Maceration in Glycerin und Salpetersäure erhalten, wobei das Präparat gar nicht mit Nadeln berührt, sondern nur in einer Eprouvette mit Wasser geschüttelt zu werden braucht, um in seine histiologischen Bestandtheile zu zerfallen. In letzterem Umstande sehe ich den Beweis, dass es sich nicht etwa um Bruchstücke von Muskelfasern handelt.

Da Margo in jedem einzelnen Sarkoplasten eine vollständige Zelle sah, war ihm das Verwachsen und Verschmelzen derselben zu einer Masse quergestreifter Substanz, wie er es aus den letzterwähnten Objecten erschloss, der Beweis für den Aufbau der Muskelprimitivfaser aus mehreren Zellen.[1] Da ich aber in Sarkoplasten nur Theile oder Producte einer Zelle sehe, von denen sogar mehrere in einem einkernigen Elementarorganismus vorkommen können, so habe ich keinen zwingenden Grund, mich für diese Lehre zu erklären. Gibt man mir zu, dass sich die Kerne

---

[1] Diese Ansicht, durch welche sich Margo in Opposition zu der seither herrschend gewordenen Lehre von der Einzelligkeit der Muskelfaser setzte, hat auch dazu beigetragen, dass ihm soviel weniger Glauben geschenkt wurde, als er verdiente.

der Sarkoplastenzellen theilen und so vielkernige Zellen[1] entstehen, so ist die Zahl der Sarkoplasten, die in einer vielkernigen Protoplasmamasse liegen können, unbegrenzt und ich kann Nichts einwenden, wenn Jemand urgiren wollte, dass auch bei der Entwickelung von Muskelfasern aus Sarkoplasten jede Muskelprimitivfaser aus einer einzigen Zelle entsteht. Bewiesen oder beweisbar ist unter dieser Restriction bei der in Rede stehenden Art der Histiogenese der quergestreiften Musculatur weder die unicelluläre noch die multicelluläre Ansicht.

Wenn die in die Länge gewachsenen Sarkoplasten sich zu Muskelfasern vereinigen, so werden zwischen ihnen Kerne mit Resten von Protoplasma eingeschlossen. Diese werden dann als „Muskelkörperchen" gerade so, wie bei den Froschmuskeln überhaupt, auf verschiedenen Stellen des Querschnitts liegen.

Ich habe noch einige Details über die Entstehung von Querstreifen an den, wie wir gesehen haben, ursprünglich homogenen Sarkoplasten nachzutragen. Die Querstreifung wird immer zunächst auf der Oberfläche sichtbar. Sie ist anfangs nicht in allen Theilen eines Sarkoplasten gleichgerichtet; nebeneinander und bei verschiedenen Einstellungen übereinander gehen die Querstreifen öfters in verschiedener Richtung.[2] Die Sarkoplasten, so lange sie nicht sehr in die Länge gewachsen sind, zeigen keinerlei Zusammensetzung aus Primitivfibrillen, keine Neigung, in solche zu zerfallen. Allen diesen Erscheinungen trägt, wie mir scheint, am besten die Annahme Rechnung, dass die Querstreifung ebenso wie die Längsstreifung im Sinne der Bowman'schen Lehre auf der Anordnung kleiner Körperchen, der sarcous elements, einmal der Länge, einmal der Quere nach beruhe. Über das Detail des Vorganges, durch den die homogenen Sarkoplasten quergestreift werden, ob es auf einer Ablagerung von sarcous elements beruhe, wie Margo meinte, oder auf einem

---

[1] Bei der Bildung vielkerniger Zellen ist auch von Botanikern „directe" Kerntheilung gesehen worden. Flemming a. a. O.

[2] Die noch homogenen Sarkoplasten sind doppeltbrechend, wie wir gesehen haben. Sie sind weder untereinander, noch mit den Muskelfasern, zwischen denen sie liegen, gleichsinnig orientirt und ich habe mich hievon unter Umständen überzeugt, welche eine Verlagerung derselben durch die Präparation so gut wie ausschliessen liessen.

Process, vermöge dessen ihre Anordnung sichtbar wird, während sie es früher nicht war, ist es schwer, eine bestimmte Ansicht zu gewinnen. Für die letzterwähnte Annahme scheint mir der Umstand zu sprechen, dass die Sarkoplasten doppeltbrechend sind, ohne quergestreift zu sein. Dann wäre die Substanz, aus welcher die Sarkoplasten bestehen, so lange sie homogen sind, identisch mit derjenigen, aus der die „glatten" Muskelfasern im Schliessmuskel (und in andern Muskeln) gewisser Mollusken bestehen, an denen ja Margo selbst,[1] wie andere Beobachter vor und nach ihm (Leidig, Boll) dieselben Übergänge zwischen „glatt" und „quergestreift" nachgewiesen hat, wie sie bei den Sarkoplasten vorkommen. Margo hat übrigens auch bei den quergestreiften Muskelfasern der Mollusken gezeigt, dass die Querstreifung auf der regelmässigen Anordnung kleiner doppeltbrechender Körperchen, eben der sarcous elements, beruht, deren Anordnung im „glatten" Muskel nicht erkennbar ist.

Woher stammen die Sarkoplasten?

Wenn man Präparate ansieht, in denen sich solche befinden, so kommt man häufig auf Stellen, wie die in Fig. 4, 5, 6, 7, 20 abgebildeten.

In bindegewebigen, mehr oder weniger deutlich fibrillären Platten (sie sind das „feinfibrilläre Blastem" Margo's) liegen Sarkoplasten neben-, auch übereinander, im Ganzen aber viel besser isolirt, als wenn sie in Haufen zwischen den Muskelfasern liegen. Man erkennt alsbald die Zellen, in denen sie liegen. Ausserdem aber sieht man an demselben Orte Zellen, in denen noch keine Sarkoplasten sind (Fig. 7, 20). (Auch Margo hat diese Zellen gekannt und Fig. 2, Taf. I abgebildet.) Sie haben ein feinkörniges Protoplasma, welches den Kern in verschiedener (manchmal sehr geringer) Menge und Form umgibt; sie sind anscheinend membranlos.[2] Der Kern ist manchmal rundlich, bläschenförmig mit einem oder zwei Nucleolen (7*a*, 20*a*), anscheinend ruhend; er hat aber auch unregelmässige Formen (Fig. 20 *b*, *c*, *d*), welche vollständig denjenigen gleichen, die ich

---

[1] Th. Margo, Über die Muskelfasern der Mollusken. Sitzungsberichte der Wiener Akademie d. Wiss. math. naturw. Classe. XXX. Bd. S. 559.

[2] Bei einer beträgt z. B. der Durchmesser der Zelle 0·0093 Mm.; die Länge des Kerns 0·0056 Mm., seine Breite 0·0037 Mm.

von den Kernen der Sarkoplastenzellen beschrieben habe. Daneben liegen Zellen, welche in einer Protoplasmamasse zwei Kerne enthalten; dann wieder solche, in denen ausser Protoplasma und Kern von der eben beschriebenen Beschaffenheit noch ein kugelförmiger, homogener, kleiner Sarkoplast liegt (20*e*); solche mit einem grössern Sarkoplasten (20*f*); und mit mehreren bereits deutlich quergestreiften (Fig. 5, 3*g*).

Aus der beschriebenen lückenlosen Reihe von Bildern ziehe ich den Schluss, dass die Sarkoplasten in Zellen von der eben beschriebenen Qualität entstehen, sei es, dass sich das Protoplasma derselben zum Theil in contractile Substanz umwandelt, sei es, dass es contractile Substanz ausscheidet. Dies geschieht nicht bloss so, dass sich in jeder Zelle nur eine derartige Masse bildet, sondern eventuell auch mehrere, vielleicht zu verschiedenen Zeiten. Wenn man nun, wie Margo that, in den Sarkoplasten Zellen sieht, so ist das Auftreten mehrerer in einem kugelförmigen, offenbar einer ursprünglichen Zelle entsprechenden Raum mit „endogener Zellbildung“ gleichbedeutend. Thatsächlich sollen sich nach Margo die Sarkoplasten durch Kerntheilung und endogene Zellbildung vermehren. Für meine Auffassung des ganzen Processes handelt es sich aber um ein Wachsen der Zellen und eine wiederholte Bildung contractiler Substanz aus (oder in) ihrem Protoplasma.

Ausser in Lücken zwischen Muskelfasern und in bindegewebigen Platten findet man die Sarkoplasten in den protoplasmatischen Randsäumen der Muskelfasern (Fig. 14). In der Rücken- und Schwanzmusculatur, sowie besonders in der des Mundbodens von Kaulquappen und Fröschen findet man nämlich die Muskelfasern mit einer kernreichen protoplasmatischen Hülle in verschiedener Dicke umgeben, die bald den ganzen Muskel wie ein Mantel umgibt, (Fig. 15) bald nur an einem Rand desselben sich saumartig ausbreitet,[1] manchmal in so geringer Menge

[1] Diese protoplasmatischen Säume und Mäntel sind wiederholt, so von Remak (Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere (Berlin 1855, Taf. XI), Deiter's (Beiträge zur Histiologie der quergestreiften Muskelfaser Arch. f. Anat. und Physiologie 1861, S. 393), Wilson Fox (On the development of striated muscular fibre. Phil. Transact. Vol. 156, 1866, p. 101) beschrieben und abgebildet worden.

vorhanden ist, dass man zunächst nur die Kerne sieht (Fig. 13). In dieser können sich ebenfalls Sarkoplasten bilden. Ob diese dann zu selbstständigen Muskelfasern werden, oder im Sinne Margo's zum Wachsthum der alten beitragen, darüber habe ich mir keine Ansicht bilden können.

Ein noch früheres Stadium in der Entwickelung der Sarkoplastenzellen, als die bisher beschriebenen, stellen vielleicht die anscheinend freien protoplasmalosen Kerne vor, die man in bindegewebigen Membranen an Präparaten aus der Musculatur nicht selten sieht (Fig. 16, bei *a*). An Habitus und Grösse gleichen sie den Kernen an Muskelfasern und unterscheiden sich von den Kernen des Bindegewebes (Fig. 19, bei *b*). Sie sind dann vielleicht als Reste von Zellen aufzufassen, die bei der ersten Anlage der Musculatur sich nicht betheiligten und nun nachträglich zur Verwendung kommen, indem sich Sarkoplastenzellen aus ihnen entwickeln. (Auch Margo deutet auf diese Möglichkeit hin.) Lässt man diese Hypothese gelten, so ist die Verknüpfung zwischen der primären Muskelentwickelung und der secundären hergestellt; dieselben histiologischen Elemente besorgen beide.

Die beschriebene Entwickelung von Muskelfasern fällt mit unter das, was der Histiogenese aller quergestreiften Muskelfasern gemeinsam ist, nämlich die Umwandlung eines Theiles des Protoplasma von Zellen in contractile Substanz.[1] Sie ist, wie auch Margo hervorhebt (S. 49), gänzlich unvereinbar mit jener Ansicht, welche als das primum constituens der Muskeln die Primitivfibrille erklärt, und diese sich primär ohne Betheiligung von Zellen entwickeln lässt.[2]

---

[1] E. Brücke, Über die mikroskopischen Elemente, welche den Schirmrandmuskel der medusa aurita bilden. Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wiss. math. naturw. Classe. XLVIII. Bd., 1. Abth. 1863.

[2] Rouget, Mémoire sur le développement embryonnaire des fibres musculaires. Journal de la physiologie VI. p. 459 1863 und Mémoire sur le développement embryonnaire des tissus musculaires. Comptes rendus tome LV, p. 36, 1862.

G. R. Wagner. Die Entwickelung der Muskelfaser. Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften. Marburg, 1869. Supplementband.

L. Clarke. On the development of striped muscular fibre. Quat. Journ. of micr. Science. 1862, 1863.

Verschiedene Arten von Muskelfasern sind histiogenetisch und histiologisch durch den Ort charakterisirt, an dem sich contractile Substanz einerseits, Kern und Protoplasma andererseits befinden. Man könnte, indem man nur bekannte und allgemein verbreitete Formen berücksichtigt, folgendes Schema aufstellen:

Einkernige Spindelzellen, mit Kern und Protoplasmarest im Innern und Ablagerung contractiler Substanz (quergestreifter, glatter oder einer Zwischenform) in der ganzen Peripherie der Zelle: Glatte Muskelfasern der Wirbelthiere und der Mollusken (Herzmuskel der Salpen).

Wenn sich diese verzweigen und mit ihren Fortsätzen verwachsen: Herzmuskel der Wirbelthiere (Weismann,[1] Brücke mit Purcell O'Leary)[2]. Wenn die Bildung contractiler Substanz bloss an einer Seite stattfindet: Schirmrandmuskeln der Medusen (Brücke).

Vielkernige, strangförmige Zellen (aus einer einzigen entstanden, nach Lebert, Remak, Kölliker, F. E. Schulze u. A.) mit Ablagerung der contractilen Substanz in der Peripherie, so dass Röhren, Halbröhren, Fibrillenbündel mit Protoplasmasaum entstehen: Skelettmusculatur der Wirbelthiere, auch der Arthropoden.

Allen diesen Arten der Muskelentwicklung ist gemeinsam, dass die contractile Substanz bei ihnen von vornherein in der Anordnung und Form, die sie definitiv annimmt, also gleich Anfangs in länglichen fibrillären Massen auftritt. Dem entsprechend ist sie sofort regelmässig und der Faserrichtung des definitiven Muskels gemäss angeordnet.

Ihnen gegenüber steht die Entwickelung aus Sarkoplasten, bei der das nicht der Fall ist, vielmehr zunächst unregelmässige Massen contractiler Substanz sich bilden, die erst nachträglich, während ihres Wachsthums, sich entsprechend der Faserrichtung des Muskels entwickeln und ordnen, dem sie angehören. Die Bildung derselben erfolgt nicht an der Oberfläche, sondern

---

[1] Weismann, Über die Musculatur des Herzens beim Menschen und in dem Thierreiche. Arch. f. Anat. und Phys. 1861, S. 41.

[2] In der Abhandlung über den Schirmrandmuskel der *Medusa aurita* veröffentlicht a. a. O.

im Innern von Zellen, in der Weise, dass sich kugelige, homogene, stark lichtbrechende, anisotrope Massen bilden, die sich aber schon gegen Reagentien und Farbstoffe ebenso verhalten, wie die Substanz des fertigen, quergestreiften Muskels.[1] Diese wachsen in die Länge und werden zuerst an der Oberfläche, später in ihrer ganzen Dicke quergestreift. Sie nehmen dabei zunächst unregelmässige gekrümmte Formen an, und bilden so den auffallendsten Theil der ganzen Entwickelungsreihe. Während die Sarkoplasten wachsen, wachsen auch die Zellen in denen sie liegen. Wahrscheinlich vermehren sich dabei die Kerne; karyokinetische Figuren sind nicht beobachtet. Dabei werden neue Massen contractiler Substanz gebildet.[2] Die Sarkoplasten wachsen immer mehr in die Länge, ordnen sich regelmässig an, und verschmelzen zu Muskelfasern, wobei Kerne und Protoplasmareste zwischen ihnen eingeschlossen werden.

Wie der auf diese Weise gebildete Muskel mit dem Nerven, mit der Sehne in Verbindung tritt, wie sich sein Sarkolemma bildet, darüber stehen mir keine Beobachtungen zu Gebote und ich enthalte mich, Hypothesen zu äussern.

Ich übergehe zu den Befunden an Säugethieren. Da es mir hier nicht auf histiologisches Detail, sondern auf die annähernde

---

[1] Bei der ersten Anlage der Skelettmusculatur im Wirbelthierembryo bilden sich Protoplasmastränge mit zahlreichen, regelmässig, meist einer hinter dem andern in einer Längsreihe angeordneten Kernen; an der Peripherie dieser entsteht contractile Substanz. Bei der Entwickelung von Muskelfasern aus Sarkoplasten dagegen bilden sich vierkernige Protoplasmahaufen von unbestimmter Form, bei denen die Kerne unregelmässig, nicht in bestimmter Anordnung, liegen; und in diesen vielkernigen Zellen entstehen Massen contractiler Substanz, ebenfalls zunächst in regelloser Form und Anordnung. So etwa lassen sich Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten zwischen beiden Arten der Muskelentwickelung kurz präcisiren.

[2] Den Grund zu dieser Aussage bildet der nicht seltene Befund eines kugelförmigen, homogenen neben einem wurst- oder kipfelförmigen quergestreiften Sarkoplasten in einer Zelle. Eine nachträgliche Spaltung von Sarkoplasten anzunehmen, habe ich keine Ursache, angesichts von Bildern wie Fig. 3 *b*; es sind von Anfang an mehrere Kugeln contractiler Substanz in einer Zelle.

Beantwortung der Frage ankam, „in welchen Stadien finden sich Sarkoplasten?“, habe ich von der Anwendung complicirter Färbungen Abgang genommen, und mich darauf beschränkt, in starkem Alkohol gehärtete Objecte nach Färbung mit Boraxcarmin zu zerzupfen, oder in der Mischung von Salpetersäure und Glycerin zu maceriren. Letztere Methode ist empfehlenswerth. Embryonale Säugethiermuskeln sind so schwer zu zerzupfen, dass es angenehm ist, ein Verfahren zu haben, bei dem die Muskelfasern zerlegt werden, ohne dass sich der Verdacht erheben könnte, kleine Stücke quergestreifter Substanz seien lediglich Artefacte.

Mein Augenmerk musste von vornherein auf ältere Embryonen und auf heranwachsende Thiere gerichtet sein. Margo hat zwar geglaubt, dass sich Muskelfasern immer und schon bei der ersten Anlage des Embryos auf die von ihm beschriebene Weise, aus Sarkoplasten bilden. Er erwähnt nirgends die Möglichkeit einer andern Entwickelung und glaubt, die diesbezüglichen Angaben früherer Beobachter widerlegt zu haben (S. 29). Aber er war vielleicht zu dieser Verallgemeinerung nicht berechtigt. Denn wenn wir uns fragen, was für Thiere er untersucht hat, so finden wir (mit Ausserachtlassung der Arthropoden und Mollusken[1], auf welche er seine Beobachtungen und Schlüsse auch ausdehnte) Folgendes:

Die ersten Stadien bei Amphibien standen ihm nicht zu Gebote; er untersuchte Kaulquappen und junge Frösche.

Von Fischen hat er ebenfalls nicht Embryonen, sondern Thiere von mehreren Centimetern Länge untersucht, und von einer Perca die Sarkoplasten in unzweideutiger Weise abgebildet (Fig. 17).

Bei Vögeln untersuchte er Hühnerembryonen, die nicht unter sechs bis sieben Tage alt waren; von diesen gibt er keine Abbildung; seine Beschreibung des Befundes (a. a. O. S. 17) ist keineswegs klar; sie schliesst damit, dass er sagt, gewisse Zellen „waren wohl nichts Anderes als Sarkoplasten.“ Dagegen bildet er aus dem musculus pectoralis eines jungen Sperlings unzweifelhafte Sarkoplasten ab (Fig. 13).

---

[1] Über die Muskelfasern der Molusken a. a. O.

Von Säugethieren fand er die Sarkoplasten bei Pferdeembryonen von fünf bis sechs Monaten, bei Rattenembryonen von 42 Ctm. Länge (Fig. 14), bei menschlichen Embryonen von 6—8 Ctm. (Fig. 15), bei Schweinsembryonen von 9 Ctm., bei Kaninchenembryonen (Grösse nicht angegeben).

Wenn wir von dem nicht zweifellos sichergestellten Befund bei Hühnern absehen, so sind dies ausschliesslich Thiere, bei denen die erste Differenzirung der Gewebe längst vorüber ist. Thatsächlich zeigen alle Abbildungen Margo's die Sarkoplasten zwischen und neben Muskelfasern, die sich von denen des reifen Thieres nur durch ihren geringern Durchmesser unterscheiden.

Wenn ich nun noch bedachte, dass von allen früheren oder späteren Beobachtern, die Embryonen von verschiedenen Thieren aus den ersten Stadien untersuchten, keiner das fand, was Margo gesehen hatte, wenn auch Mancher (aber wohl immer irrthümlich) glaubte, zu ähnlichen Resultaten gekommen zu sein, so konnte ich nicht zweifeln, dass Embryonen späterer Stadien der Fundort für Sarkoplasten sein würden.

Thatsächlich habe ich bei zwei Schweinsembryonen von 16 Ctm., beziehungsweise 20 Ctm. Länge in verschiedenen Muskelgruppen Sarkoplasten gefunden (Fig. 21—25). Die Muskelfasern, zwischen denen sie liegen, sind dünn, bestehen aber durchaus aus quergestreifter Substanz; ein centraler Raum, in dem Kerne und Protoplasma liegen, ist an ihnen nicht wahrzunehmen. An der Identität der quergestreiften Körperchen bei diesen Thieren mit den Sarkoplasten der Frösche war nicht zu zweifeln. Sie waren in manchen Muskelgruppen in so grosser Menge vorhanden, dass ich sicher sein konnte, in jedem Präparat welche zu finden, wenn ich von den in Glycerin und Salpetersäure macerirten Muskeln etwas mit Glycerin auf einem Objectträger aufschwemmte.

Dagegen habe ich bei Schweinsembryonen von 4·5 bis 5·5 Ctm. Länge vergeblich nach Sarkoplasten gesucht. Bei diesen hatten die Muskelfasern noch den embryonalen Typus der „tuyaux musculaires."

Ebensowenig habe ich Sarkoplasten gefunden bei zwei Kaninchenembryonen von 5·5 Ctm. und 7 Ctm. Länge, bei Mausembryonen von 0·8 Ctm. Länge, bei Meerschweinchenembryonen

von 1·8 Ctm. Länge. Mit Ausnahme des Kaninchenembryos von 7 Ctm. Länge waren die Muskelfasern bei allen diesen Objecten von embryonalem Typus, das heisst die contractile, quergestreifte Substanz in Form einer Röhre oder Halbröhre um einen centralen, aus Kernen und Protoplasma bestehenden Strang herum angeordnet.

Ich habe ferner eine Anzahl menschlicher Embryonen von 4—13 Ctm. Länge, sowie zwei unreife Früchte von 1400 und 1700 Grm. untersucht, ohne Sarkoplasten zu finden.

Ich wiederhole übrigens, was sich von selbst versteht, dass ich auf negative Befunde kein Gewicht legen kann Wenn man überlegt, wie verschwindend klein der Bruchtheil der Muskelmasse eines grösseren Embryos ist, den man untersuchen kann, auch wenn man, wie ich stets gethan habe, mehrere Präparate von verschiedenen Stellen anfertigt, so wird man einsehen, dass Etwas sehr häufig sein muss, wenn man eine nennenswerthe Wahrscheinlichkeit haben soll, es zu finden.

Margo gibt noch an (S. 42), ausser bei Fröschen, Vögeln und Fischen auch bei heranwachsenden Säugethieren Sarkoplasten gefunden zu haben. Ich habe bei Ratten eines Wurfs, die am ersten Tage, nach acht Tagen, nach zwanzig Tagen, nach acht Wochen getödtet wurden, keine gefunden.[1] Ebensowenig bei neugeborenen Kaninchen, Hunden und Menschen.

Ich habe ferner ein Nagethier, das in unseren Gegenden vorkommt und einen unvollkommenen Winterschlaf hält, das Erdzeisel, *Spermophilus Cytillus*, in den ersten frostfreien Tagen des heurigen Jahres in mehreren Exemplaren eingefangen und bei reichlicher Nahrung in der Wärme gehalten. Nach 8, 14, 24 Tagen wurden die Thiere durch Ersäufen in Alkohol getödtet und auf das Vorkommen von Sarkoplasten untersucht, mit negativem Resultat.

Trotzdem bin ich, nach der sonstigen Zuverlässigkeit der Angaben Margo's überzeugt, dass sich auch bei heranwachsenden

---

[1] An diesen Thieren habe ich mich von dem Dickenwachsthum der Muskelfasern nach der Geburt überzeugt. An Arm und Rücken wuchs der Durchmesser auf das vier- bis fünffache, conform mit der Angabe Harting's (Recherches micrométriques, pag. 59, citirt nach Frey, Handbuch der Histologie, 5. Aufl., 1876, S. 327).

Säugethieren Sarkoplasten finden; nur dass man, wie er selbst angibt, eine grössere Anzahl Thiere durchsuchen kann, ohne welche zu finden, um dann wieder bei einem Exemplar durch sehr reichlichen Befund entschädigt zu werden.

Es ergibt sich aus dem, was die Untersuchungen anderer Beobachter über die erste embryonale Anlage der Musculatur lehren, zusammen mit Margo's und meinen Befunden, dass bei Fischen, Amphibien, Vögeln und Säugethieren eine Neubildung von quergestreiften Muskelfasern stattfindet, zu einer Zeit, wo die erste Anlage der Gewebe bereits vollendet ist.

Diese Neubildung vollzieht sich anders als die Histiogenese der ersten Muskelfasern des Embryos. Es wird nämlich im Innern von Zellen contractile Substanz abgelagert (oder aus dem Protoplasma der Zellen gebildet), die erst nachträglich quergestreift wird, in die Länge wächst, und so die Form von Muskelfasern annimmt.

Dabei kommt es weder zur Bildung von Spindelzellen mit centralem Kern, noch von „tuyaux musculaires“ oder „gouttières.“ [1]

Am Schlusse meiner Darlegung angelangt, möchte ich nochmals kurz hervorheben, worin sich meine Auffassung der Entwickelung von Muskelfasern aus Sarkoplasten von derjenigen Margo's unterscheidet. Die Differenzen betreffen:

Erstens: Das Auftreten und die Bedeutung des ganzen Processes. Es scheint, dass Margo alle Muskelfasern überhaupt so entstehen lässt, da er seine Beobachtungen den damals bekannten gegentheiligen Befunden gegenüberstellt; ich beschränke das Vorkommen derselben auf eine nachträgliche Neubildung von Muskelfasern im Embryo späterer Stadien und im wachsenden Thier.

Zweitens: Margo fasst die Sarkoplasten (die Massen contractiler Substanz) als Zellen auf; er schreibt ihnen Kerne und endogenetische Vermehrung zu. Für mich sind es Theile oder Producte von Zellen.

---

[1] Frédéricq, a. a. O. hat diesen Ausdruck für die Halbröhren aus contractiler Substanz.

In allem Übrigen habe ich mich von der Genauigkeit der Angaben Margo's überzeugt, soweit seine Methoden reichten und soweit ich seine Untersuchungen wiederholt habe.

Erklärung der Abbildungen.

Die Contouren sämmtlicher Zeichnungen sind mittelst einer camera lucida nach Abbé, aus der optischen Werkstätte von C. Zeiss in Jena, aufgenommen. Die römische Ziffer bedeutet Objectiv, die arabische Ocular; alle Systeme, mit Ausnahme von Objectiv Nr. VIII, welches von Hartnack ist, stammen aus der Fabrik von C. Reichert in Wien. Die Zahl „×300" u. s. f. gibt die Vergrösserung der Zeichnung an.

Tafel I.

Fig. 1. Sarkoplasten aus den Rückenmuskeln einer jungen *rana*, die vor kurzer Zeit den Schwanz abgeworfen hat und ans Land gekrochen ist. In Alkohol getödtet, in verdünntem Glycerin liegend. 2. VI. ×300.

2. Sarkoplasten aus den Rückenmuskeln einer Kaulquappe von *rana*, an der die hinteren Extremitäten eben aus dem Integument hervortreten. In 1procentiger Osmiumsäure getödtet und eine Stunde darin gelassen; in verdünntem Glycerin liegend. Bei *a* Protoplasma. 2. VI. ×300.

10. Von dem Objecte der Fig. 3*a* (Rückenmuskeln einer Kaulquappe) ebenso behandelt. In die Länge gewachsene Sarkoplasten, unregelmässig verschlungen. 2. VI. ×300.

„ 15. Aus der Mundbodenmusculatur einer Quappe von *rana*, mit hinteren Extremitäten, die eben das Integument durchbrechen. Direct in Alkohol gehärtet; Boraxcarmin. 2. VI. ×300.

„ 16. Bläschenförmige Kerne anscheinend ohne Protoplasmahülle, im Bindegewebe (bei *a*). Bei *b* Kerne des Bindegewebes. Aus den Rückenmuskeln einer Kaulquappe von *rana*, ebenso behandelt, wie das Object der Fig. 15.

„ 17. Aus den Rückenmuskeln einer *rana*, die noch einen Schwanzstummel hatte. (Ähnliches Object, wie dasjenige, dem Fig. 1 entnommen ist). Behandlung: In Chromsäure 1:300, mit einem kleinen Zusatz von Ameisensäure (nach Rabl) getödtet, und 24 Stunden darin gelassen. Ausgewaschen und erst in schwächeren, dann in 95procentigen Alkohol übertragen. In concentrirter wässriger Lösung von Gentianaviolett durch 24 Stunden gefärbt, in Alkohol

entfärbt. Nelkenöl, Damarlack. Gruppe von in die Länge gewachsenen, deutlich quergestreiften Sarkoplasten, mit dazwischenliegenden unregelmässigen Kernen. 2. VI. ×300,

Fig. 18. Von einem ähnlichen Object, wie Fig. 17 entnommen, ebenso behandelt. Sarkoplasten, an denen grösstentheils noch keine Querstreifung zu sehen ist, mit Kernen und Protoplasma (bei *a*). In Letzterem einige Pigmentkörnchen. 2. VIII. ×680.

19*a*. Von demselben Object, wie Fig. 18, ebenso behandelt. Ein Kern an einer alten Muskelfaser, um das Aussehen „ruhender" Kerne darzustellen. 2. $^1/_{20}$″ homogene Immersion, Abbé'scher Beleuchtungsapparat ohne Blendung. ×1570.

19*b*—*i*. Kerne aus einer Gruppe von Sarkoplasten, ähnlich der in Fig. 17 dargestellten, also ziemlich in die Länge gewachsen und deutlich quergestreift; die „chromatische Substanz" jedes Kerns unregelmässig zusammengeballt, die Kerne von höchst unregelmässiger Form. 2. $^1/_{20}$″ homogene Immersion, Abbé ohne Blendung, ×1570. Vergl. Fig. 12. 19*i* zeigt den Kern mit seinem Sarkoplasten (bei *a*). Behandlung wie bei dem Object der Fig. 17.

Tafel II.

Fig. 3*a*—*h*. Aus den Rückenmuskeln einer Kaulquappe von *rana* mit ganz kurzen hinteren Extremitäten. Sarkoplasten mit verschieden deutlicher Querstreifung, isolirt, innerhalb der Zellen liegend, in denen sie sich gebildet haben. Fig. 3*d* und Fig. 3*e* stellen dasselbe Object bei verschiedener Einstellung dar. Behandlung: In Alkohol getödtet, in Hämatoxylin gefärbt (lange), auf dem Objectträger mittelst verdünnter Essigsäure entfärbt; in wässeriger Eosinlösung gefärbt, ausgewaschen. In Glycerin liegend. Die Kerne blau, die contractile Substanz, sowie das Protoplasma roth gefärbt. 2. X. à imm. ×900.

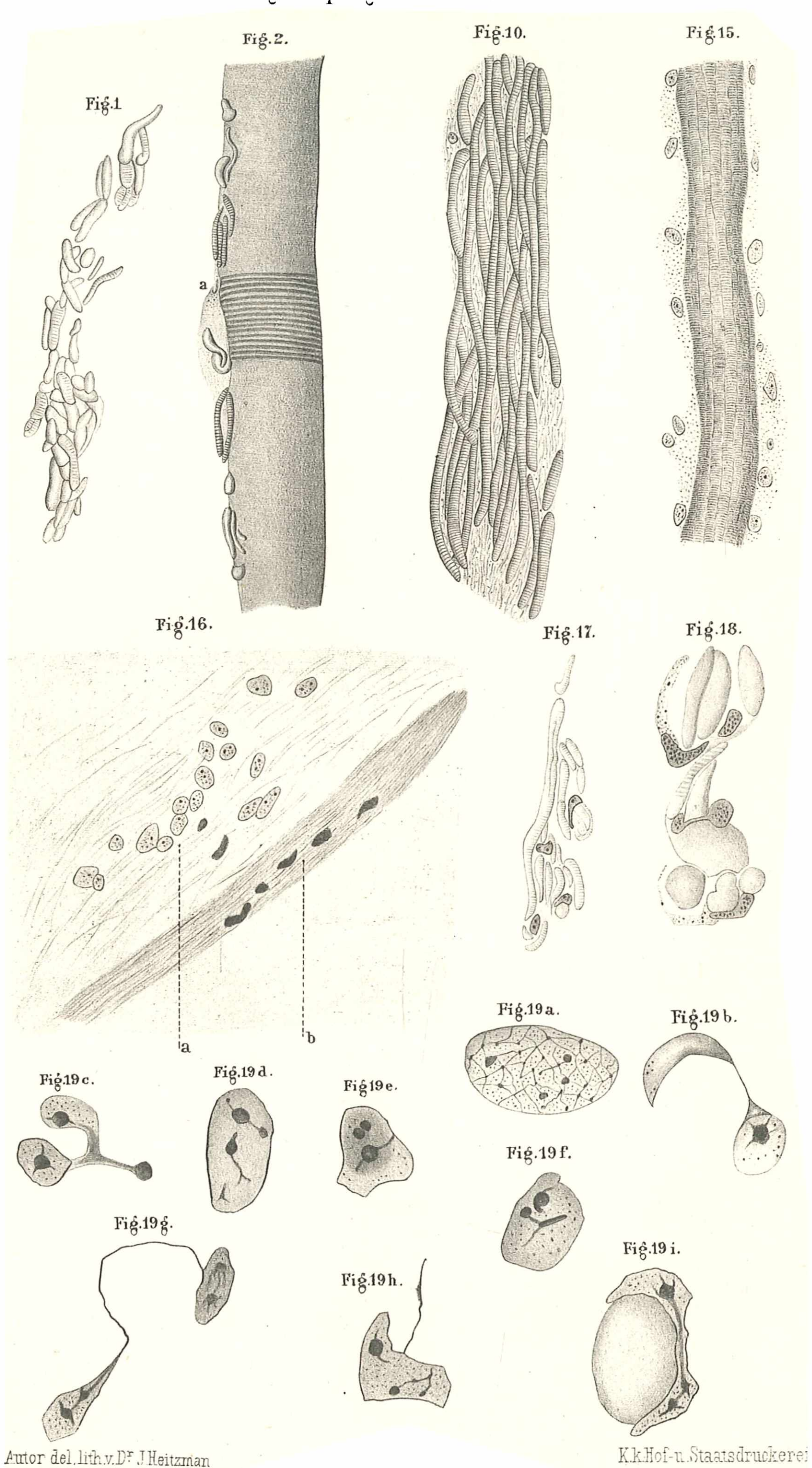
4. von demselben Object wie Fig. 3, ebenso behandelt. Sarkoplastenzellen in feinfibrillärem Bindegewebe. 2. VI. 300.

5. = Fig. 4, bei *a*, 2. X à imm. ×900.

6. Zellen, in denen Sarkoplasten liegen, sowie andere, in denen keine liegen, und die die frühere Entwickelungsstufe der ersteren bilden, in fein fibrillärem Bindegewebe (Perimysium internum). Von demselben Object wie Fig. 3, ebenso behandelt. 2. VI. ×300.

7. Einzelne Theile des Präparates, dem Fig. 6 entnommen ist, stärker vergrössert (z. B. Fig. 6, bei *a* und *b*) 2. X. à imm ×900. 7*a*, 7*b*, 7*d*, 7*e* Kerne mit verschieden reichlicher Umgebung von Protoplasma. Kerne bläschenförmig, mit Kernkörperchen, machen den Eindruck ruhender Kerne. Fig. 7*c* ähnliche Zellen, mit wahrscheinlich in Theilung begriffenen Kernen. In derartigen Zellen bilden sich Sarkoplasten.

Paneth: Die Entwickelung von quergestreiften Muskelfasern Taf. I

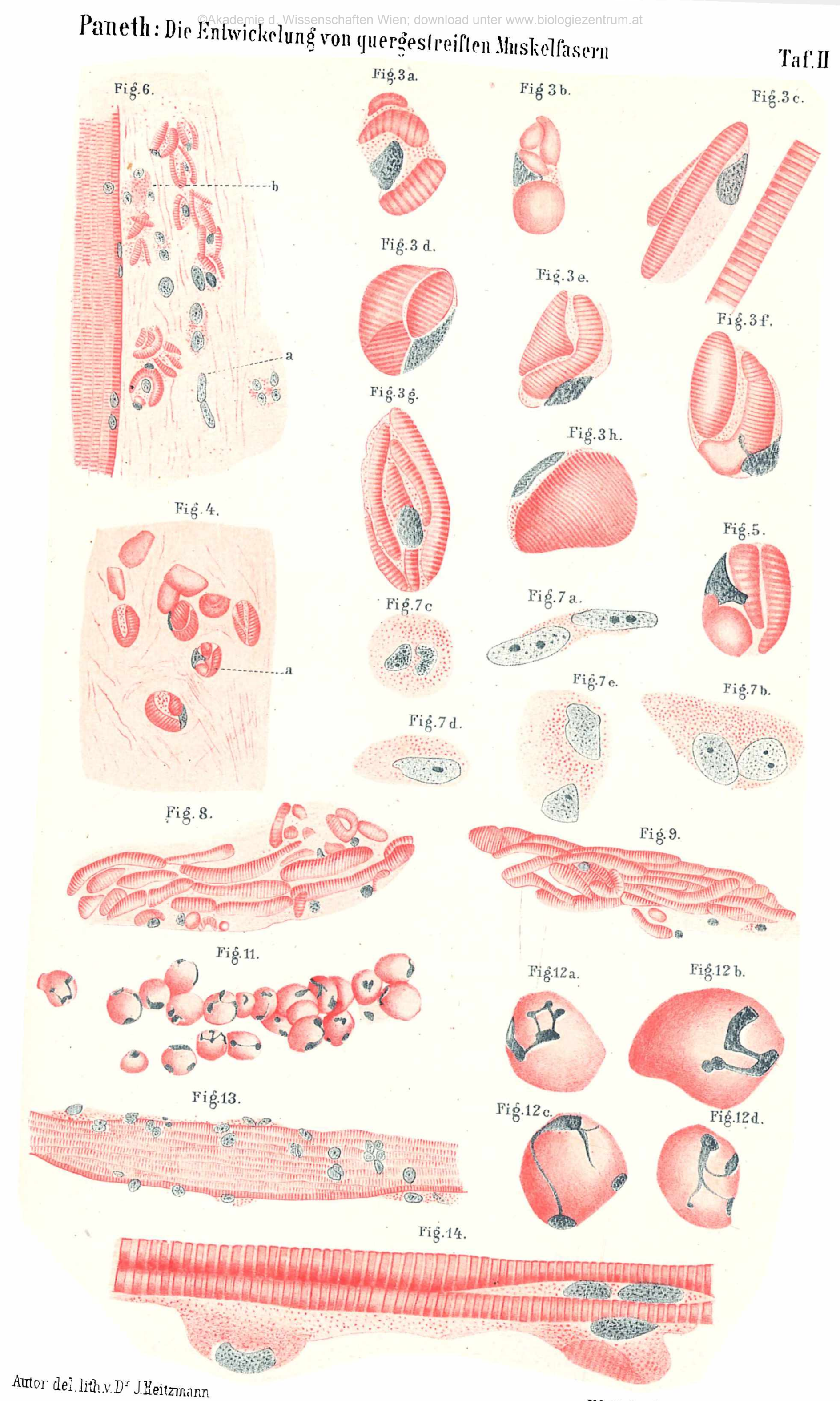


Autor del. lith. v. Dr. J. Heitzman

K.k. Hof-u. Staatsdruckerei

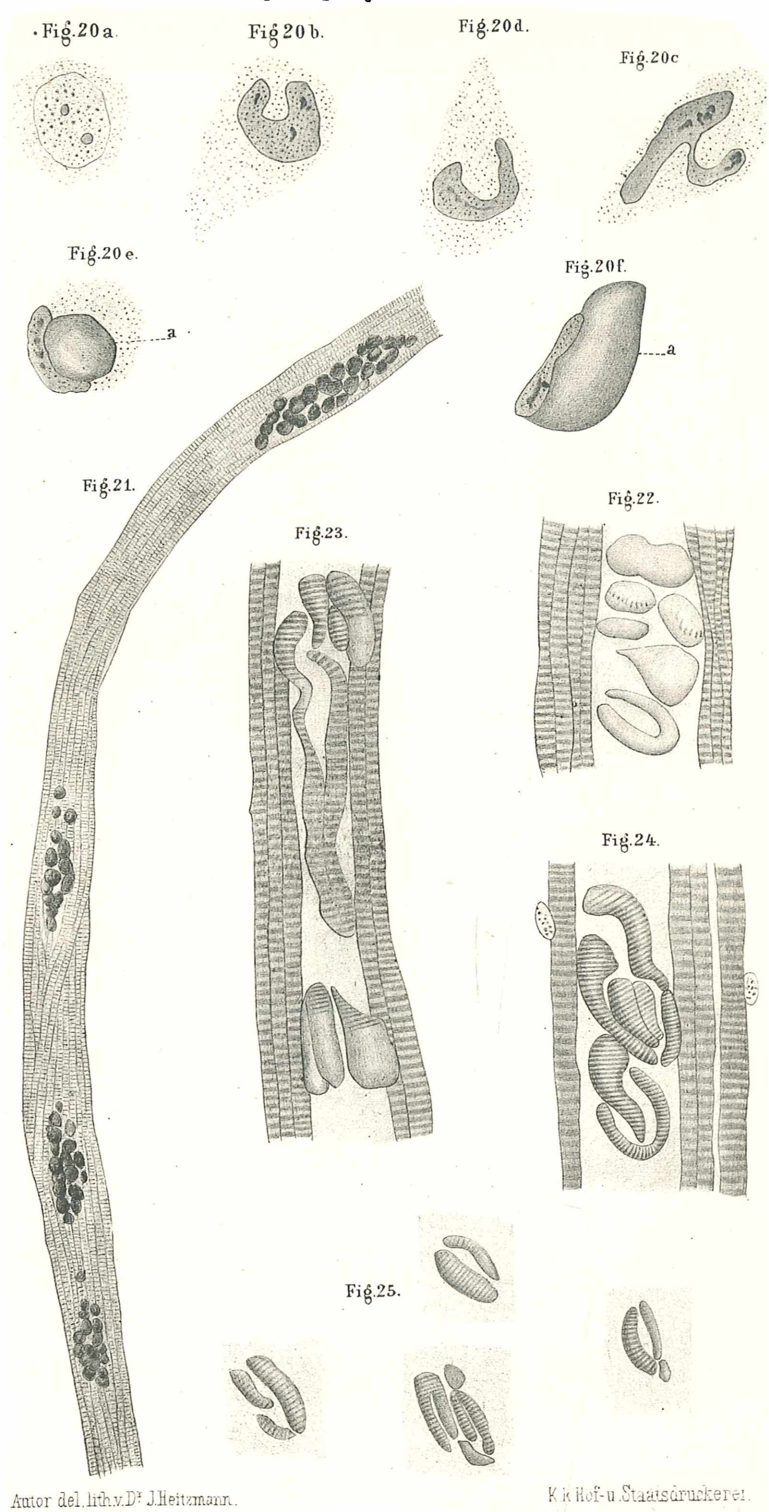
Paneth: Die Entwickelung von quergestreiften Muskelfasern

Taf. II



Autor del. lith. v. Dr J. Heitzmann

K.k. Hof- u. Staatsdruckerei



Autor del. lith. v. Dr. J. Heitzmann. K. k. Hof-u. Staatsdruckerei.

Fig. 8. Fig. 9. Von demselben Object wie Fig. 3, ebenso behandelt. In die Länge gewachsene Sarkoplasten; zwischen denselben noch Kerne zu sehen. 2. VI. ×300. (Vergl. Fig. 10 auf Taf. I).

11. Von demselben Object wie Fig. 3, ebenso behandelt. Gruppe von Sarkoplasten, mit unregelmässigen, stark gefärbten, wahrscheinlich in Theilung begriffenen Kernen. 2. VI. ×300.

12*a*—*d*. Theile des Präparates, das Fig. 14 zu Grunde liegt, stärker vergrössert 2. X. à imm. Abbé'scher Beleuchtungsapparat mit weiter Blendung. ×900.

13. Muskelfaser des Objectes von Fig. 3 mit zahlreichen peripherischen, bläschenförmigen Kernen. 2. VI. ×300.

14. Von dem Object der Fig. 3 ebenso behandelt. Ein Sarkoplast in dem protoplasmatischen, kernhaltigen Saume einer Muskelfaser liegend. 2. X. ×900.

Tafel III.

Fig. 20*a*—f. Von einem ähnlichen Object wie das der Fig. 17 zu Grunde liegende Präparat (junge *rana*). Chromameisensäure, Alkohol in Hämatoxylin 24 Stunden gefärbt, in Alkohol, dem 3 Procent HCl zugesetzt, entfärbt, in Glycerin. In einer bindegewebigen Membran (Perimysium internum) aus den Rückenmuskeln liegend, verschiedene Stadien der Entwicklung von Sarkoplastenzellen. In 20*a* hat der Kern Ruheform; in 20 *b*, *c*, *d*, ist der Kern auf ähnliche Weise unregelmässig gestaltet und die „chromatische Substanz" zusammengeballt, wie in Fig. 19 und Fig. 12; in 20 *e* und *f* liegen Sarkoplasten (bei *a*) innerhalb derartiger Zellen.

Fig. 21—25. Aus verschiedenen Stellen der Musculatur eines Schweinsembryo von 16 Ctm. Länge. In Alkohol gehärtet, in einer Mischung von Glycerin HNO_3 und Wasser zu ungefähr gleichen Theilen 24 bis 48 Stunden macerirt, durch Schütteln in einer Eprouvette in Wasser isolirt, in Glycerin liegend. Die Vergrösserung von Fig. 21 beträgt 300 (2. VI.), der übrigen 900 (2. X.). Fig. 21 zeigt Sarkoplasten in situ mitten zwischen den fertigen, sehr dünnen Muskelfasern; die übrigen zeigen besser isolirte Sarkoplasten, theils homogen theils quergestreift.